

畜産公害의 解決方案과 에너지 生産에 關한 研究

金昌漢, 尹汝昌, 崔載鏞
建國大學校~畜産大學
(1981년 11월 27일 수리)

Studies on Livestock Pollution Treatment and Energy Production

Chang Han Kim, Yoh Chang Yoon and Jai Yong Choi

College of Animal Husbandry, Konkuk University

(Received November 27, 1981)

Abstract

Experiments on methane gas digestion were conducted to prevent livestock pollution and develop substitute energy.

When about 30(w/w)% of sludge was added to cow feces, pig feces, and poultry feces and digested at 37°C for 20 days, methane gas produced per Kg of organic matter for cow feces, pig feces, poultry feces was 181, 248 and 235 l, respectively. pH decreased slightly at first but increased gradually afterwards during digestion period. When 20, 30, and 40(w/w)% of sludge were added to the mixture of cow feces (300g) and water (200g), the volumes of gas produced were 6.1, 14.5 and 13.4 l, respectively. Volume of methane gas produced from the mixture of cow feces and saw dust was much more than that from the mixture of cow feces and rice polishings. The contents of N, K, P for digestion residues were sufficient to be utilized as a fertilizer.

When methane gas digestion was carried out with cow feces in a submersible pump digester, the volume of methane gas produced per Kg of organic matter was 188 l. The price of total methane gas produced at this digestion was similar to that of the electric power consumed.

緒 論

畜産業이 集約化됨에 따라 가축배설물에 의한 環境汚染의 문제가 심각해 지고 있다. 특히 가축분뇨에 오염된 물을 飲料水源으로 이용할 경우 과량의 질산염이 함유되어 있어 사람에게 癌의 원인이 되며 지나치게 많은 양의 배설물에 오염된 토양은 과량의 카리를 함유하고 있어 카리분이 과잉된 목초를 가축이 섭취하게 되면 마그네슘代謝에 異常을 초래하여 성장부진, 신경증상 등을 일으키고 심하면 폐사하게 된다. 또한 가축의 배설물에 의한 불쾌한

냄새는 인근 생활환경에 좋지 않은 영향을 미치므로 환경보존을 위해서도 公害問題는 해결되어야 한다. 한편 계속되는 석유값의 인상으로 인한 대체에너지 개발이 시급한 실정이다. 따라서 가축분뇨로부터 메탄가스를 생산하여 이용하는 것은 에너지면에서 매우 바람직한 일일 뿐만 아니라 발효처리에 의한 가축분뇨의 무취화 등 축산공해의 해결책으로 매우 적합하다고 하겠으며 발효처리액의 비료로서의 이용면 또한 고려해 볼 가치가 있다고 생각된다. 지금까지 가축분뇨로부터의 메탄생산 실험 및 실용화에 관한 보고가 약간 있기는 하지만¹⁻⁷⁾ 우리나라

의 실정에 맞는, 즉 추운 겨울철에도 메탄 생산을 가능케 하는 방법이 거의 개발되어 있지 않는 실정 이므로 著者 등은 水中펌프를 장치한 발효조를 이 용함으로써 年中 가축분뇨로 부터 메탄가스를 얻을 수 있는 가능성을 검토하였다.

材料 및 方法

實驗材料

가축분뇨는 농장 및 목장에서 채취하였으며 슬러 지는 축산시험장의 가축분뇨 발효조에서 채취하였 다. 이들은 운반 즉시 사용하기도 하였고 나머지는 4℃의 냉장고에 저장해 두면서 실험에 사용하였다. 톱밥은 목재소에서, 왕겨는 정미소에서 구입하여 사 용하였다.

成分分析

가축분의 일반화학적조성은 A. O. A. C.법⁸⁾에 의하 여 분석하였고 발효처리물의 비로성분, 즉 N, K, P 의 정량분석은 각각 마이크로 켈달법⁹⁾, 과염소산법¹⁰⁾ 비색법¹¹⁾에 의하여 실시하였다.

메탄발효

1) 각 가축분뇨의 메탄가스 발효실험과 왕겨, 톱

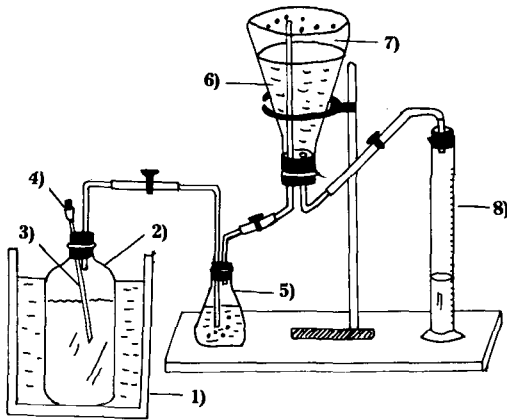


Fig. 1. Experimental Apparatus for Methane Digestion.

- 1) Water bath
- 2) Digestion bottle
- 3) Bovine venous injection needle
- 4) Rubber stopper
- 5) CO₂ absorber (1N NaOH)
- 6) Water
- 7) Gas evolved
- 8) Graduated cylinder

밥의 첨가 및 슬러지 첨가량이 메탄가스 발효에 미 치는 영향에 대한 실험은 Fig. 1의 장치에 의하여 37℃에서 실시하였고 각 가축분뇨의 메탄발효는 1 ℓ의 발효병에 우분, 돈분, 계분을 각각 253g, 328g, 247g을 넣고 여기에 물을 각각 194g, 194g, 200g을 넣어 희석한 다음 슬러지를 약 30(w/w)%씩 첨가 하여 20일간 발효시켰으며 그 후 발효내용물의 1/2 을 제거시키고 그 양만큼 새로운 糞(糞과 물, 1: 1 (w/w)을 혼합하여 계속 10일간 발효시켰다. 톱 밥과 왕겨의 혼합발효에 있어서는 물에 충분히 적 신 톱밥 126g과 왕겨 126g에 각각 동량의 우분과혼 합하고 여기에 물 194g을 첨가하여 희석한 후 슬러 지를 약30% (140.8g)씩을 혼합하여 37℃에서 20일 간 발효시켰다. 한편 우분 300g과 물 200g의 혼합 물에 슬러지를 각각 20, 30, 40(w/w)%씩 첨가혼합 하여 37℃에서 20일간 발효시키면서 메탄가스 생성 량도 측정하였다.

2) 겨울철의 연속적 메탄발효를 위한 실험장치는 Fig. 2와 같으며 水中펌프(Star-Delta B 2066)는 3.7Hp를 사용하였다. 발효는 우분 75.8kg, 물 58.2 kg 및 슬러지 42.2kg을 혼합하여 20일간 실시하였 다. 발효조内の 온도는 항상 37℃를 유지하겠끔 자 동적으로 온도를 조절하였으며 발효조 외부의 온도는 겨울철이라고 하더라도 충분한 단열재를 사용하여 만든 발효조에서 발효를 행한다고 가정하고 15 ~18℃로 하였다.

結果 및 考察

材料의 化学組成

우분, 돈분, 계분 및 슬러지의 일반화학 조성은 Table 1에서 나타내는 바와 같으며 有機物의 含量 은 각각 약 19, 18, 20 및 7%였다. Table 2는 톱 밥과 왕겨의 화학조성을 나타내고 있으며 유기물 함 량은 각각 약 88, 80%로서 톱밥의 유기물 함량이 약간 높았다.

家畜糞의 가스生成

각 가축분뇨로부터의 메탄가스발효에 관한 결과 는 Fig. 3에서 나타내는 바와 같으며 우분, 돈분 및 계분의 경우 有機物 1kg당 메탄가스 생성량은 각 각 약 181, 248 및 235ℓ로서 돈분의 경우가 가장 많았다. 20일간의 발효후 발효내용물의 1/2을 발효

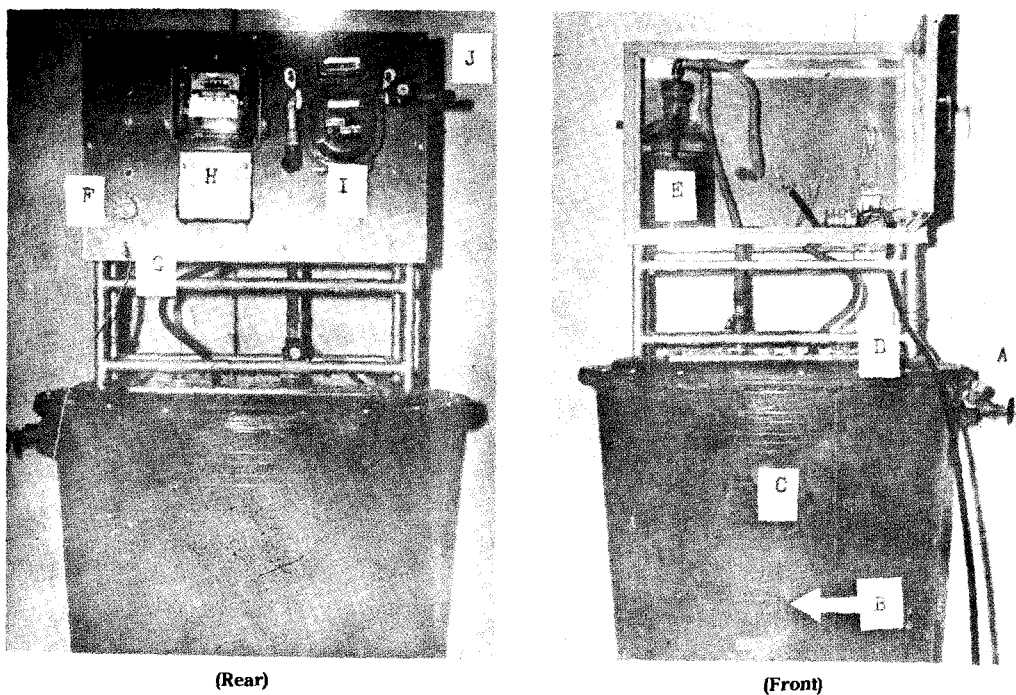


Fig. 2. Photograph of Methane Digester.

A: Inlet, B: Submersible pump (intra jar)
 C: Jar contained animal manure, D: Thermometer, E: CO₂ absorber, F: Autothermometer
 G: Earth, H: Electrometer, I: Gasmeter, J: Outlet

Table 1. Chemical Composition of Several Animal Feces and Sludge

| Composition Sample | Moisture (%) | Crude protein (%) | Crude fat (%) | Ash (%) | Crude fiber (%) | Nitrogen free extract (%) | Organic matter (%) |
|-----------------------|-----------------|-------------------------|---------------------|------------|-----------------------|---------------------------------|--------------------------|
| Cow | 76.18 | 3.05 | 1.36 | 4.78 | 5.21 | 9.42 | 19.04 |
| Pig | 73.72 | 4.25 | 0.98 | 8.36 | 3.85 | 8.84 | 17.92 |
| Poultry | 71.24 | 7.96 | 0.78 | 8.59 | 3.75 | 7.68 | 20.17 |
| Sludge | 88.61 | 2.89 | 0.37 | 4.59 | 2.54 | 1.00 | 6.80 |

Table 2. Chemical Composition of Sawdust and Rice Polishings

| Composition Sample | Moisture (%) | Crude protein (%) | Crude fat (%) | Ash (%) | Crude fiber (%) | Nitrogen free extract (%) | Organic matter (%) |
|-----------------------|-----------------|-------------------------|---------------------|------------|-----------------------|---------------------------------|--------------------------|
| Sawdust | 10.84 | 3.39 | 0.55 | 1.02 | 38.70 | 45.50 | 88.14 |
| Rice polishings | 9.38 | 3.01 | 1.13 | 11.17 | 36.85 | 38.46 | 79.45 |

병으로부터 제거하고 거기에 신선한 糞을 제거량 만큼 첨가혼합하여 계속 10일간 발효시킨 결과는 처음의 발효상태와 거의 비슷한 경향을 나타내었다. 한편 pH의 변화는 발효초기에 약간 저하하다가 점차 상승하는 경향을 보였고 변화범위는 대략 6.5~7.5사이였다.

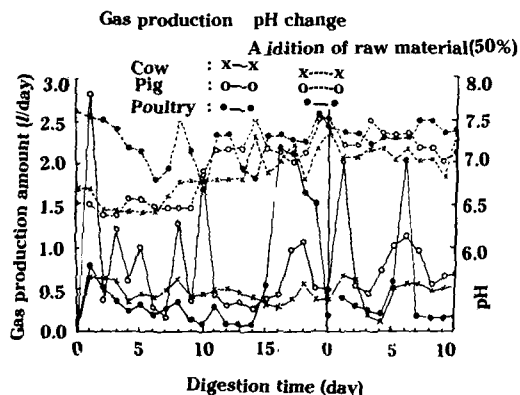


Fig. 3. Gas Production from Several Animal Feces.

슬러지의 添加量이 가스生成에 미치는 影響

Fig. 4는 슬러지의 첨가량이 메탄가스의 생성량에 미치는 영향을 나타내고 있다. 슬러지의 첨가량이 많을수록 발효 기간중 메탄가스의 생성이 빨랐고 20일간의 생성량은 20, 30 및 40 (w/w) %의 첨가시 각각 약 6.1, 14.5 및 13.4ℓ였으며 30 (w/w) %의 슬러지를 첨가했을 경우가 가스 생성량이 가장 많았다.

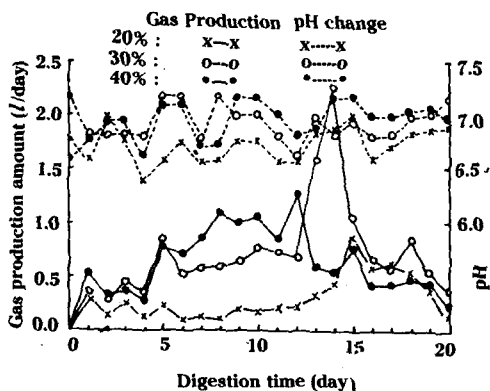


Fig. 4. Effect of Sludge Concentration on Gas Production.

톱밥, 왕겨의 혼합에 의한 가스生成

牛糞에 톱밥과 왕겨를 혼합하여 발효시킨 결과 Fig. 5와 같았다. 우분만(우분 252g, 물 194g 및 슬러지 140.8g의 혼합물)으로 발효시켰을 때의 메탄 생성량이 8.5ℓ로서 가장 많았고 톱밥과 왕겨의 혼합시는 각각 7.2, 4.9ℓ로서 톱밥의 혼합이 왕겨의 혼합보다 메탄가스 생산에 있어서 좋은 결과를 가져왔다. pH의 변화범위는 대략 6.5~7.5사이였다.

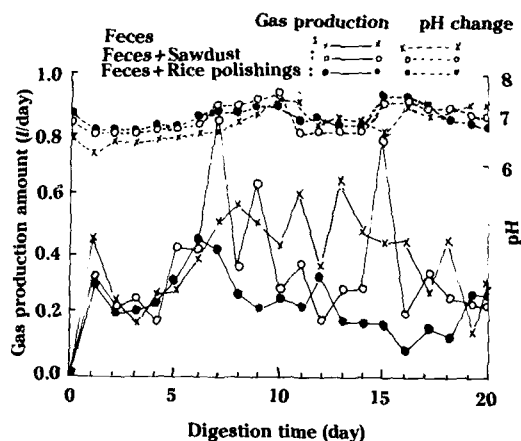


Fig. 5. Gas Production from the Mixture of Cow Feces and Organic Wastes.

메탄발효 처리물의 肥料成分

우분, 돈분 및 계분을 20일간 발효시킨 후 그 발효처리물의 비료성분을 분석한 결과 Table 3에서 나타내는 바와 같다. 건물량에 대한 N과 K의 함량은 계분>돈분>우분의 순서였으며 P의 함량은 우분>계분>돈분의 순서였다.

Table 3. Nutrient Contents of Animal Wastes Digested for 20 Days

| | | (dry matter %) | | |
|---------------|--|----------------|------|------|
| Component | | N | P | K |
| Cow waste | | 0.46 | 1.26 | 1.60 |
| Pig waste | | 0.70 | 0.93 | 1.65 |
| Poultry waste | | 0.75 | 1.07 | 1.89 |

水中펌프 발효조를 이용한 메탄발효

Fig. 6에서 보는 바와 같이 우분 75.8kg, 물 58.2kg 및 슬러지 42.2kg을 혼합하여 20일 동안 발효

시킨 결과 메탄가스 총 생성량은 3.4m³였으며 有機物 1kg당 약 188ℓ의 메탄가스를 생성하였다. 발효조內的 온도를 37℃로 유지할 수 있었던 것은 자동조절온도계의 설치로 때때로 작동되는 水中펌프 모터의 회전열과 교반에 의한 마찰열 때문이며 Fig. 1의 장치에 의한 메탄발효시보다 유기물 kg당 메탄가스 생산량이 더 많은 것은 교반에 의한 내용물의 파쇄와 균일화에 따른 것이라고 생각된다.

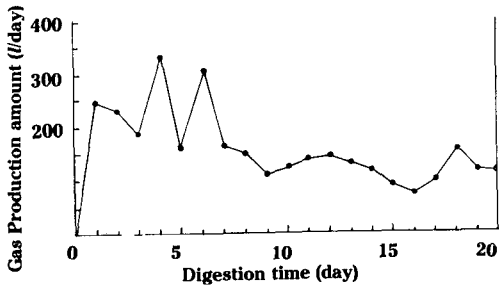


Fig. 6. Gas Production from Cow Feces in Methane Digester.

메탄가스 生産量과 電力料金과의 關係

발효조內的 온도를 37℃로 유지하기 위하여 설치된 水中펌프의 작동에 소모된 전력요금과 생산된 총 메탄가스의 가격적 관계를 살펴보면 Table 4와 같다. 國內에서 정확한 메탄가스의 가격을 알수

Table 4. Relations between Price of Methane and Power Rate

| | Sum of money (won) | Details of calculation |
|------------------|--------------------|------------------------------|
| Price of methane | 1744 | 3.4 m ³ x 513 won |
| Power rate | 1721 | 317 won* + 29.88 won x 47 Kw |

* : Basic rate

없어 열량학적으로 도시가스(약 4000Kcal/m³)와 비교하여 本 발효과정에서 얻은 메탄가스(약 6000 Kcal/m³)의 가격을 결정하였다. 20일 동안의 발효에서 생산된 메탄가스의 가격과 소모된 전력요금과는 거의 비슷하였으나 겨울철의 따뜻한 날씨를 감안한다면 전력의 소모량을 줄일 수 있을 것이다. 뿐만 아니라 일년내내 本 발효조를 이용하여 메탄가스를 생산, 이용할 수 있다는 점이 매우 중요하다고 하겠다.

要 約

畜産公害를 방지하고 대체에너지를 개발하기 위하여 가축분뇨로부터의 메탄가스 발효실험을 실시하여 다음의 결과를 얻었다.

(1) 각 가축의 분뇨에 약 30%의 슬러지를 첨가하여 37℃에서 20일간 발효시킨 결과 牛糞, 豚糞 및 鷄糞의 有機物 1kg당 메탄가스 생성량은 각각 181, 248 및 235ℓ였으며 발효기간중 pH변화는 발효초기에 약간 저하하다가 점차 상승하는 경향을 보였다.

(2) 牛糞(300g)과 물(200g)의 혼합물에 슬러지를 각각 20, 30, 40 (w/w) %씩 첨가하여 발효시킨 결과 가스생성량은 약 6.1, 14.5, 13.4ℓ였다.

(3) 牛糞에 톱밥과 왕겨를 각각 等量씩 혼합하여 발효시킨 결과 톱밥 첨가량이 왕겨 첨가량보다 메탄생성량이 많았다.

(4) 메탄발효처리물의 N, K, P의 함량이 있어서 N, K의 함량은 계분 > 돈분 > 우분의 순서였고 P는 우분 > 계분 > 돈분의 순서였다.

(5) 水中펌프발효조를 이용하여 牛糞으로 부터 메탄가스 생산발효를 20일간 실시한 결과 有機物 1kg당 188ℓ의 메탄가스가 생성되었고, 이때 생성된 총 메탄가스의 가격과 소모된 전력요금과는 거의 비슷하였다.

謝 辭

本 研究를 行할 수 있도록 研究費를 支援해 준 産學協同財團에게 깊은 감사를 드리며 實驗을 도와준 박상진님과 주원엽님의 노고에 감사하는 바이다.

參考文獻

- 1) 山口和夫, 山口辰良: 最新應用微生物學入門, 306 (1971).
- 2) 岩井重次: 廢水の生物學的 処理, 241 (1973).
- 3) Lapp, H. M., DD. Schulte and L. C. Buchanan: Agriculture Canada, Publication 1528 (1974)
- 4) 園田頼和: 燃料協會誌, 55 (592), 666 (1976)
- 5) Pharoah, D. M.: Power Farming Magazine, March, 10 (1977)
- 6) 桧垣繁光: 農業機械學會誌, 39(1), 101 (1977)
- 7) 權一慶, 金顯旭: 韓畜誌, 20 (3), 233 (1978)
- 8) A. O. A. C.: Method of Analysis, 13th Ed. (1980)
- 9) 東京大學農學部農芸化學教室編: 實驗農芸化學 (上卷), 90~94 (1974)